

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ « Экология и природопользование »

Химический факультет

Кафедра аналитической химии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды»

---

Екатеринбург  
2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ « Экология и природопользование »

Химический факультет

Кафедра аналитической химии

---

**Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды**

**Программа дисциплины**

---

Подпись руководителя ИОНЦ \_\_\_\_\_ Радченко Т.А.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г.

**Екатеринбург  
2008**

Утверждаю  
Руководитель ИОНЦ «Экология и  
природопользование»  
\_\_\_\_\_ Радченко Т.А.  
(подпись)  
\_\_\_\_\_  
(дата)

Программа дисциплины «Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды» составлена в соответствии с требованиями федерального/национально-регионального (вузовского) компонента к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки: бакалавра, магистра по направлению «Химия» 020100.62 по циклу «СД/ДС» государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Семестр \_\_ 11 \_\_

Общая трудоемкость дисциплины \_\_\_\_ 200 \_\_\_\_, в том числе:

Лекций \_\_\_\_ 36 \_\_\_\_

Семинаров \_\_\_\_

Практических работ \_\_\_\_ 56 \_\_\_\_

Контрольные мероприятия:

Рефераты \_\_\_\_ 1 \_\_\_\_

Коллоквиумы \_\_\_\_

Контрольные работы \_\_\_\_

Другие \_\_\_\_

Автор (составитель, разработчик)

Лакиза Наталья Владимировна, кандидат химических наук, кафедра аналитической химии, Уральский государственный университет им. А.М. Горького

\_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание, кафедра, вуз)

Рекомендовано к печати протоколом заседания

Экспертно-конкурсной комиссии ИОНЦ «Экология и природопользование»

от \_\_\_\_ № \_\_\_\_  
(дата)

Согласовано:

Зав.кафедрой аналитической химии

(название кафедры, реализующей данную дисциплину)

\_\_\_\_\_  
(подпись) / \_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2008 г.  
(дата)

© Уральский государственный университет

©Лакиза Н.В., 2008

## **I. Введение**

Дисциплина посвящена рассмотрению и изучению основных принципов и закономерностей использования органических реагентов при анализе объектов окружающей среды.

Органические реагенты широко применяются при анализе объектов окружающей среды, причем сферы их применения достаточно разнообразны. Они могут образовывать комплексные соединения с ионами металлов, обладающие рядом важных для аналитического использования свойств: растворимость в воде и органических растворителях, электрохимическая активность, избирательное поглощение в УФ и видимой области спектра и т.д. Органические реагенты могут выступать модификаторами поверхности органических полимерных и неорганических оксидных и гидроксидных матриц. Модифицирование может проводиться как путем ковалентного связывания молекул органических реагентов или их фрагментов с поверхностью матрицы, так и путем нековалентной иммобилизации органических реагентов на поверхности носителей. Для того, чтобы выбрать наилучший способ применения органических реагентов, необходимо знать как их химические и аналитические свойства, так и уметь прогнозировать их свойства по структурным формулам. Правильный выбор типа используемых органических реагентов, а также выбор области их применения может быть определяющим для получения достоверных результатов анализа объектов окружающей среды. Для осуществления такого выбора необходима достаточно высокая теоретическая и практическая подготовка, поэтому данный курс изучается на 2 году магистратуры.

### ***Цель дисциплины***

Целью настоящего курса является формирование у студентов представления об органических реагентах как наиболее распространенном классе соединений, применяемых для получения аналитического сигнала во многих инструментальных методах химического анализа.

Курс входит в структуру дисциплин, направленных на формирование у студентов экологического мышления, развивает и закрепляет у студентов умение грамотно спланировать эксперименты по анализу объектов окружающей среды.

### ***1. Задачи дисциплины***

Основной задачей данного специального курса является систематизация ранее известных студентам знаний в области органических реагентов, а также существенное расширение на этой базе представлений о составе, структуре, аналитических свойствах различных типов органических реагентов. В рамках решения этой задачи предполагается решение нескольких более частных задач:

- ✓ познакомить с основными областями применения органических реагентов при анализе объектов окружающей среды;
- ✓ рассмотреть основы теории действия органических реагентов и общие принципы использования их в различных методах анализа объектов окружающей среды;
- ✓ познакомить студентов с современными приемами модифицирования органических реагентов (применение поверхностно-активных веществ, использование модифицированных сорбентов, применение макроциклических полиэфиров);
- ✓ познакомить с основными особенностями анализа реальных объектов, в частности, объектов окружающей среды с использованием органических реагентов.

### ***2. Место дисциплины в системе высшего профессионального образования*** (какие дисциплины используются в качестве основы для данной и для каких используется данная дисциплина)

Дисциплина «Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды» предназначена для студентов II курса магистратуры химического

факультета Уральского государственного университета им. А.М. Горького, обучающихся по программе «Аналитическая химия». Данная дисциплина может быть предусмотрена и для вновь создаваемой магистерской программы «Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность», которая может быть предложена для изучения как студентам химического факультета, так и для студентов биологического факультета, специализирующихся по направлению «Биология» и специальности «Экология».

В качестве основы для данной дисциплины используются такие *базовые курсы*, как неорганическая, аналитическая, органическая и физическая химии, а также квантовая химия и строение молекул. В этом курсе большое внимание уделяется рассмотрению различных типов органических реагентов, а также приемов и способов их модифицирования в растворах, а также при закреплении (иммобилизации) на поверхности твердых носителей. При изучении курса студенты пишут рефераты по применению различных органических реагентов в аналитической химии, что дает им возможность познакомиться с принципами решения конкретных аналитических задач.

Данная дисциплина может быть использована при изучении курсов, рассматривающих особенности анализа объектов окружающей среды и продуктов питания, при изучении экологических дисциплин. Также данная дисциплина находит применение в следующих дисциплинах: «Химия окружающей среды и химический мониторинг» и «Анализ органических объектов».

### **3. Требования к уровню освоения содержания курса** (приобретаемые компетенции, знания, умения, навыки)

Изучение спецкурса "Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды" способствует формированию следующих умений и навыков:

- ✓ понимание места органических реагентов в решении теоретических и практических аналитических задач;
- ✓ умение проследить связи между строением органических реагентов, центральных ионов и комплексов в целом и их свойствами;
- ✓ знание основных закономерностей действия органических реагентов в растворах;
- ✓ знание способов модифицирования органических реагентов в присутствии ПАВ;
- ✓ знание способов иммобилизации органических реагентов на поверхности твердых носителей;
- ✓ умение использовать органические реагенты при решении конкретной аналитической задачи, в частности, при составлении схем анализа объектов окружающей среды.

#### **4. Методическая новизна курса** (новые методики, формы работы, авторские приемы в преподавании курса)

При изучении дисциплины осуществляется комплексный подход, сущность которого состоит в совместном рассмотрении особенностей строения и свойств органических реагентов и целесообразности их применения в тех или иных методах анализа объектов окружающей среды. Причем эти два указанных аспекта рассматриваются как единое целое, что позволяет сформировать у студентов – будущих квалифицированных специалистов – целостную картину схемы анализа сложных объектов различной природы. На каждой лекции выдается базовый раздаточный материал (схемы, графики, таблицы), рекомендуются конкретные литературные источники.

Изучение курса включает также выполнение цикла базовых лабораторных работ, в которых студенты знакомятся с особенностями анализа реальных объектов.

Созданный в рамках Инновационного проекта научно-исследовательский центр (НИЦ) кафедры аналитической химии обеспечивает возможность использования при обучении студентов нового уникального оборудования. При изучении свойств органических реагентов может быть задействован ИК Фурье спектрометр Nicolet 6700 с приставками диффузного отражения и НПВО, позволяющий снимать ИК спектры любых органических веществ в нескольких режимах. Программное обеспечение позволяет сравнивать полученные спектры с библиотечными и идентифицировать функциональные группы изучаемых соединений. Система капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ 105М может быть использована при изучении заряженных частиц органических реагентов. Применение спектрофлюориметра ФЛЮОРАТ-02-Панорама позволяет изучать флуоресценцию органических реагентов и их комплексов с ионами металлов и разрабатывать методики определения флуоресцирующих соединений в объектах окружающей среды. Знакомство студентов с этими приборами, освоение методики работы на них позволит выпускать магистрантов нового уровня подготовки.

## **II. Содержание курса**

### **1. Разделы курса, темы, их краткое содержание**

#### **Тема 1. Предмет и задачи курса.**

Понятие об органических реагентах (ОР), современное определение ОР. Типы органических реагентов, используемых в аналитической химии. Свойства комплексных соединений ионов металлов с органическими реагентами, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, светопоглощение, флуоресценция, летучесть.

История развития учения об органических реагентах. Работы М.А. Ильинского, Г. Кнорре, Л.А.Чугаева, Л.М. Кульберга, Н.П. Комаря, К.Б. Яцимирского, Б.П. Живописцева, С.Б. Савина.



## **Тема 2. Органические реагенты в спектрофотометрическом анализе.**

Связь между строением ОР и растворимостью органических реагентов и их комплексов с ионами металлов в соответствующих растворителях. Связь между строением молекул ОР и молярными коэффициентами поглощения ОР и их комплексов с ионами металлов. Хромофорные группировки. Ауксохромы и антиауксохромы. Влияние заместителей на свойства ОР. Характеристика реагентов, наиболее часто используемых при спектрофотометрическом определении ионов тяжелых металлов (неорганических суперэкоотоксикантов) в объектах окружающей среды.

## **Тема 3. Определение констант устойчивости комплексов ионов металлов с органическими реагентами.**

Термодинамические и условные константы образования комплексных соединений. Стандартизация условий при определении констант устойчивости: температура, ионная сила и рН раствора. Принцип постоянной ионной силы. Требования к сильным электролитам, используемым для создания постоянной ионной силы раствора.

Электронные спектры комплексов - источник информации об их строении, составе и устойчивости. Изучение ассоциации и диссоциации реагента. Расчет ступенчатых констант устойчивости комплексов из основных функций комплексообразования. Методы определения состава, молярных коэффициентов поглощения и констант устойчивости комплексов по изменению оптической плотности растворов.

Потенциометрия как источник информации о составе и устойчивости комплексных соединений в растворах. Расчет констант ионизации органических реагентов и констант устойчивости комплексных соединений из данных потенциометрического титрования.

Возможности и ограничения спектрофотометрии и потенциометрии при определении соответствующих констант.

Другие физико-химические способы определения констант ионизации реагентов и констант устойчивости комплексов.

#### **Тема 4. Влияние размера хелатного цикла на возможность образования и свойства комплексов металлов с органическими реагентами.**

Факторы, определяющие устойчивость хелатов: природа донорных атомов и структура реагента, размер циклов, число циклов, характер связей металл-лиганд. Хелатный эффект. Полиамины как модельные соединения при объяснении причин возникновения хелатного эффекта. Проявление хелатного эффекта в ряду аминополикарбоновых кислот. Особенности комплексообразования ионов металлов с комплексонами. Влияние концентрации компонентов, ионной силы, рН, температуры на образование комплексных соединений в растворах. Способы повышения чувствительности и селективности реакций комплексообразования. Влияние температуры на образование комплексных соединений.

Обзор свойств реагентов, образующих с ионами металлов 4-х, 5-ти и 6-ти-членные циклы.

#### **Тема 5. Модифицирование ОР в присутствии поверхностно-активных соединений (ПАВ).**

Классификация используемых ПАВ: катионные, анионные, неионогенные ПАВ, ПАВ-амфолиты. Выбор концентрации ПАВ для модифицирования ОР. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) и формы взаимодействия ПАВ с ОР. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Солюбилизация ОР и их комплексов с ионами металлов в мицеллах ПАВ. Образование ионных ассоциатов ПАВ с органическими реагентами. Многоцентровые взаимодействия. Аналитические эффекты, наблюдаемые при модифицировании ОР в присутствии ПАВ: изменение рН комплексообразования, молярных коэффициентов поглощения, контрастности аналитических реакций. Примеры наиболее аналитически

значимых систем органический реагент-ион металла-ПАВ. Использование ОР, модифицированных ПАВ, в спектрофотометрическом и люминесцентном методах анализа. Особенности применения ОР, модифицированных ПАВ при анализе объектов окружающей среды.

#### **Тема 6. Макроциклические соединения как органические реагенты.**

Основные группы макроциклических лигандов: макроциклические полиэферы, криптанды, поданды и т.д. Особенности комплексообразования макроциклических соединений с ионами металлов. Макроциклический эффект. Способность макролигандов к распознаванию строго определенных ионных или нейтральных субстратов. Факторы, влияющие на устойчивость комплексов с макроциклами. Комплексообразование макроциклов с органическими молекулами. Комплексообразование по типу «гость-хозяин». Использование макроциклических лигандов при изготовлении мембран ионоселективных электродов в ионометрии. Использование макроциклов в газовой и жидкостной хроматографии в качестве компонентов подвижных и неподвижных хроматографических фаз. Использование хроматографии с участием макролигандов при определении приоритетных экотоксикантов в объектах окружающей среды. Анализ лекарственных препаратов с использованием комплексообразования с макроциклическими соединениями.

#### **Тема 7. Иммобилизация органических реагентов на различных твердых носителях.**

Типы используемых носителей: органические полимерные материалы, силикагели, активные угли, оксидные материалы. Способы иммобилизации ОР: закреплении на готовой поверхности носителя и иммобилизация в процессе образования фазы носителя. Ковалентная и нековалентная иммобилизация. Влияние носителя на свойства иммобилизованных ОР.

Применение гибридных органических и органо-неорганических сорбентов в анализе объектов окружающей среды.

2. Темы лабораторных, семинарских занятий и коллоквиумов (если предусмотрены).

Практические (семинарские) занятия.

1. Органические реагенты в спектрофотометрическом анализе.
2. Модифицирование ОР в присутствии поверхностно-активных соединений (ПАВ).
3. Макроциклические соединения как органические реагенты.
4. Иммобилизация органических реагентов на различных твердых носителях.

При изучении дисциплины предусмотрены следующие лабораторные работы:

- ✓ Изучение процесса комплексообразования ионов металлов с органическими реагентами (УИРС по индивидуальному заданию).

3. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

- 1) Назовите основные признаки органических реагентов.
- 2) Кто синтезировал первый органический реагент для определения неорганического иона?
- 3) В чем состоит заслуга Л.А.Чугаева в развитии теоретических представлений о действии органических реагентов?
- 4) Назовите основных представителей Российской науки, внесших наибольший вклад в химию органических реагентов.
- 5) Чем определяется дентатность лиганда (ОР)? Ответ поясните примерами.
- 6) Назовите основные типы ОР. Приведите примеры.
- 7) Что такое ионный ассоциат? Приведите примеры.
- 8) Что такое эфирный хелат? Приведите примеры.
- 9) Какие соединения принято называть внутрикомплексными?
- 10) Приведите примеры катионных хелатов.

- 11) Приведите примеры анионных хелатов.
- 12) Назовите факторы, влияющие на устойчивость соединений ОР с ионами металлов. Ответ поясните примерами.
- 13) Что такое хелат?
- 14) В чем проявляется хелатный эффект? Ответ поясните примерами.
- 15) В чем состоит сущность энтропийного толкования хелатного эффекта?
- 16) Как влияет количество циклов, образуемых ионом металла с реагентом, на величину хелатного эффекта?
- 17) Почему полиамины выбраны в качестве модельных соединений при изучении хелатного эффекта?
- 18) Как проявляется хелатный эффект в ряду аминополикарбоновых кислот?
- 19) В чем состоит особенность взаимодействия ионов металлов с комплексоном III?
- 20) Назовите основные факторы, определяющие реакционную способность органического реагента. Ответ поясните примерами.
- 21) Чем объясняется окраска комплексов переходных металлов с неокрашенными лигандами?
- 22) Как можно повысить растворимость органических реагентов и их комплексов с ионами металлов?
- 23) Как можно понизить растворимость органических реагентов и их комплексов с ионами металлов?
- 24) Какие группы металлов преимущественно взаимодействуют с кислородсодержащими азот- и серосодержащими органическими реагентами? Приведите примеры.
- 25) Какие группы металлов преимущественно взаимодействуют с азотсодержащими органическими реагентами? Приведите примеры.
- 26) Какие группы металлов преимущественно взаимодействуют с серосодержащими органическими реагентами? Приведите примеры.

- 27) Какие поверхностно-активные вещества (ПАВ) могут быть использованы для модифицирования органических реагентов? Приведите примеры.
- 28) Приведите примеры катионных ПАВ.
- 29) Приведите примеры анионных ПАВ.
- 30) Приведите примеры неионогенных ПАВ.
- 31) Приведите примеры ПАВ-амфолитов.
- 32) Что такое критическая концентрация мицеллообразования (ККМ)?
- 33) Как зависит механизм взаимодействия ПАВ с органическими реагентами от концентрации ПАВ в растворе?
- 34) Какой процесс называется солюбилизацией ОР в мицеллах ПАВ?
- 35) Что такое экстракция ОР в мицеллы ПАВ?
- 36) Какие могут быть разновидности мицелл ПАВ в зависимости от состава раствора?
- 37) Поясните, как образуются ионные ассоциаты ОР с ПАВ?
- 38) Что такое многоцентровое взаимодействие при комплексообразовании ОР с ионами металлов в присутствии ПАВ?
- 39) В чем заключается причина увеличения контрастности аналитической реакции в присутствии ПАВ?
- 40) Перечислите основные эффекты, которые наблюдаются при модифицировании органических реагентов ПАВ.
- 41) Приведите примеры использования ОР для спектрофотометрического определения элементов в присутствии ПАВ в объектах окружающей среды.
- 42) Чем отличаются ступенчатые и общие константы устойчивости комплексных соединений? Ответ поясните примерами.
- 43) Какие комплексные соединения ОР называются лабильными?
- 44) Какие комплексные соединения ОР называются инертными?

- 45) Почему комплексы ОР с ионами переходных металлов обычно более инертны, чем комплексы А-катионов?
- 46) В чем заключается особенность кинетики комплексообразования ионов переходных металлов с ОР?
- 47) Чем отличается термодинамическая константа устойчивости комплексного соединения от условной константы?
- 48) В чем заключается принцип поддержания постоянной ионной силы раствора при определении констант устойчивости комплексных соединений?
- 49) Каким требованиям должны удовлетворять сильные электролиты, используемые для поддержания постоянной ионной силы раствора?
- 50) Почему для поддержания постоянной ионной силы раствора на практике редко используется перхлорат натрия?
- 51) В каких случаях для поддержания постоянной ионной силы раствора можно использовать хлорид калия?
- 52) Что такое «смешанная константа ионизации» Бренстеда?
- 53) Какой экспериментальный прием используется для перехода от активности ионов водорода, измеряемой с помощью иономера, к их концентрации?
- 54) Назовите основные законы, используемые при спектрофотометрическом определении констант комплексообразования.
- 55) Какие разрезы треугольника состава могут быть использованы при спектрофотометрическом определении состава комплексных соединений?
- 56) Как можно определить состав комплексного соединения по методу изомолярных серий?
- 57) Как можно определить состав комплексного соединения из метода молярных отношений (сдвига равновесия)?

- 58) В чем состоит сущность определения состава комплексного соединения по методу Гарвея-Меннинга?
- 59) В чем состоит сущность определения константы устойчивости и молярного коэффициента поглощения по методу Комаря?
- 60) Назовите основные закономерности, используемые при определении констант ионизации ОР из потенциометрических данных.
- 61) При каком соотношении констант кислотной ионизации ОР возможно независимое определение двух констант ионизации?
- 62) В чем состоит сущность потенциометрического метода, используемого для определения констант ионизации ОР при их близких численных значениях?
- 63) Какие существуют ограничения при потенциометрическом определении констант ионизации ОР?
- 64) Как можно определить заряд молекулы ОР методом капиллярного электрофореза?
- 65) Какие лиганды называются макроциклическими?
- 66) Что такое краун-соединения?
- 67) Что такое поданды?
- 68) Как образуются комплексы типа «гость-хозяин»?
- 69) В чем причина необыкновенной селективности взаимодействия макроциклических соединений с некоторыми ионами металлов?
- 70) В чем состоит «эффект распознавания» при образовании комплекса «гость – хозяин»?
- 71) Какие макроциклические соединения могут быть использованы как компоненты подвижной и неподвижной фаз в газовой хроматографии?
- 72) Какие макроциклические соединения могут быть использованы как компоненты подвижной и неподвижной фаз в жидкостной хроматографии?
- 73) Что такое краун-эфир? Приведите примеры.



- 74) В чем особенность комплексообразования ионов металлов с краун-эфирами?
- 75) Приведите примеры использования краун-эфиров в качестве материала мембран ионоселективных электродов.
- 76) Приведите примеры использования макроциклических соединений при определении содержания органических суперэкоотоксикантов в объектах окружающей среды.
- 77) Приведите примеры использования макроциклических соединений в анализе фармацевтической продукции.
- 78) Поверхность каких носителей может быть модифицирована молекулами ОР?
- 79) Что такое волокнистые сорбенты на основе полимерных матриц?
- 80) Почему в качестве полимерной матрицы часто используется сополимер стирола и дивинилбензола?
- 81) Приведите примеры определения ионов тяжелых металлов в объектах окружающей среды с использованием сорбентов на полимерной матрице.
- 82) Что такое нековалентная иммобилизация органических реагентов на поверхности кремнеземов?
- 83) В чем заключается сущность ковалентного связывания органических реагентов с поверхностью модифицируемой матрицы?
- 84) Влияет ли природа матрицы на свойства нековалентно закрепленного на ее поверхности ОР?
- 85) Влияет ли природа матрицы на свойства ковалентно закрепленного на ее поверхности ОР?
- 86) Что такое модифицированные полисилоксаны?
- 87) В чем состоит сходство и различие свойств модифицированных кремнеземов и модифицированных теми же ОР полисилоксанов?
- 88) Можно ли известные свойства индивидуальных ОР переносить на закрепленные на поверхности носителя молекулы?

- 89) В чем заключается сущность «золь-гель» метода получения модифицированных полисилоксанов?
- 90) Что называется «якорной группой» при модифицировании поверхности сорбентов на основе оксида кремния?
- 91) Как влияет длина радикала якорной группы на свойства привитой молекулы органического реагента?
- 92) Приведите примеры использования модифицированных ОР кремнеземов при анализе объектов окружающей среды на ионы 3-d переходных металлов.
- 93) Приведите примеры использования модифицированных ОР кремнеземов при анализе объектов окружающей среды на ионы металлов платиновой группы.
- 94) Приведите примеры использования модифицированных ОР полисилоксанов в анализе объектов окружающей среды.
- 95) Что такое хитозан?
- 96) В чем состоит различие молекул хитозана и целлюлозы?
- 97) Чем отличаются по своим химическим свойствам карбоксиэтилированный и карбоксиметилированный хитозаны от исходного хитозана?
- 98) Охарактеризуйте возможность использования карбоксиэтилированного хитозана для концентрирования ионов металлов из объектов окружающей среды.
- 99) Сравните свойства сорбентов, содержащих функциональные группы  $\beta$ -аланина, привитых на матрицы различной природы.
- 100) Сравните возможности индивидуальных органических реагентов и ОР, привитых на различные матрицы по селективности взаимодействия с ионами металлов.
- 101) Поясните возможность использования ОР для определения ионов металлов в объектах окружающей среды методом капиллярного электрофореза.

102) Приведите примеры использования макроциклических полиэфиров и других ОР при определении лекарственных препаратов методом капиллярного электрофореза.

5. Примерная тематика рефератов, курсовых работ (если предусмотрены). При изучении курса предусмотрено написание рефератов, примерные темы которых приведены ниже:

- 1) Поверхностно-активные вещества как модификаторы ОР в спектрофотометрическом анализе объектов окружающей среды.
- 2) Хелатные сорбенты с функциональными группами N-арил-3-аминопропионовых кислот в анализе объектов окружающей среды.
- 3) Полисилоксаны, модифицированные функциональными группами органических реагентов в анализе объектов окружающей среды.
- 4) Использование макроциклических лигандов как компонентов хроматографических фаз.
- 5) Использование капиллярного электрофореза для разделения аминокислот и их комплексов с ионами металлов.
- 6) Использование флуоресцентных свойств некоторых органических реагентов и их комплексов с ионами металлов при анализе объектов окружающей среды.
- 7) Макроциклические полиэфиры как материал для изготовления мембран ионоселективных электродов в ионометрии.
- 8) Нековалентно иммобилизованные ОР на поверхности кремнеземов в анализе объектов окружающей среды.

6. Примерный перечень вопросов к экзамену (зачету).

- 1) Характеристика первых работ Российских ученых по синтезу и исследованию свойств ОР.
- 2) Правило циклов Л.А.Чугаева.
- 3) Гипотеза аналогий В.И.Кузнецова.

- 4) Функционально-аналитические группы ОР с точки зрения представлений Л.М.Кульберга
- 5) Дентатность органических лигандов. Примеры моно- и полидентатных ОР.
- 6) Классификация органических реагентов по природе входящих в них донорных атомов.
- 7) Характеристика комплексообразования ионов металлов с кислородсодержащими ОР.
- 8) Характеристика комплексообразования ионов металлов с азотсодержащими ОР.
- 9) Характеристика комплексообразования ионов металлов с серусодержащими ОР.
- 10) Ионные ассоциаты как разновидность комплексов ОР с ионами металлов.
- 11) Эфирные хелаты. Сравнение их свойств со свойствами обычных хелатов.
- 12) Внутрикмплексные соединения. Общая характеристика.
- 13) Использование внутрикмплексных соединений в экстракционно-фотометрических методах анализа объектов окружающей среды.
- 14) Особенности ОР, содержащих различные по природе донорные атомы.
- 15) Термодинамические функции процесса комплексообразования ОР с ионами металлов.
- 16) Термодинамическая и условная константы процесса комплексообразования в растворе.
- 17) Принцип постоянной ионной силы при определении констант комплексообразования в растворе.
- 18) Хелатный эффект. Причины возникновения хелатного эффекта.
- 19) Характеристика органических реагентов, для которых в наибольшей степени характерно проявление хелатного эффекта.

- 20) Использование хелатного эффекта в аналитических целях.
- 21) Проявление хелатного эффекта на примере комплексообразования ионов металлов с аминополикарбоновыми кислотами.
- 22) Влияние количества образующихся циклов при комплексообразовании на величину хелатного эффекта.
- 23) Энтропийное толкование причин возникновения хелатного эффекта по Г. Шварценбаху.
- 24) Определение состава комплексных соединений ОР с ионами металлов методом изомолярных серий.
- 25) Определение состава комплексных соединений ОР с ионами металлов методом молярных отношений.
- 26) Определение состава комплексных соединений ОР с ионами металлов методом отношения наклонов Гарвея - Меннинга.
- 27) Определения заряда комплексных ионов из спектрофотометрических данных.
- 28) Определение заряда комплексных ионов методом капиллярного электрофореза.
- 29) Определение констант комплексообразования и молярных коэффициентов поглощения методом Комаря.
- 30) Преимущества и ограничения использования спектрофотометрического метода для определения констант устойчивости комплексных соединений.
- 31) Преимущества и ограничения использования спектрофотометрического метода для определения констант ионизации ОР.
- 32) Потенциометрическое определение констант ионизации ОР, являющихся однопротонными кислотами.
- 33) Потенциометрическое определение констант ионизации ОР, являющихся двухпротонными кислотами.

- 34) Потенциометрическое определение констант ионизации ОР, являющихся многопротонными кислотами.
- 35) Потенциометрическое определение констант устойчивости комплексов ОР с ионами металлов.
- 36) Преимущества и ограничения потенциометрического метода определения констант кислотной ионизации ОР.
- 37) Особенности поведения ионов переходных металлов при комплексообразовании.
- 38) Наиболее благоприятные сочетания донорных атомов в ОР, используемых для определения ионов переходных металлов.
- 39) Влияние размера цикла, возникающего при образовании хелатов, на прочность образующихся комплексных соединений.
- 40) Проявление хелатного эффекта в ряду аминополикарбоновых кислот.
- 41) Особенности комплексообразования органических реагентов с ионами переходных металлов. Ряд Ирвинга-Вильямса.
- 42) Влияние структуры органического реагента на растворимость в воде его комплексов с ионами металлов.
- 43) Влияние заместителей в молекуле органического реагента на устойчивость его комплексов с ионами металлов.
- 44) Влияние заместителей в молекуле органического реагента на его светопоглощение.
- 45) Типы электронных переходов в молекуле органического реагента, определяющие его светопоглощающие (оптические) свойства.
- 46) Факторы, обуславливающие селективность взаимодействия ОР с ионами металлов.
- 47) Повышение селективности взаимодействия ОР с ионами металлов путем регулирования кислотности раствора.

- 48) Использование маскирования мешающих ионов для повышения селективности определения ионов тяжелых металлов в объектах окружающей среды.
- 49) Диэтилдитиокарбамат натрия как аналитический реагент для определения ионов металлов: круг определяемых ионов, используемые методы анализа, селективность.
- 50) Органические реагенты для аналитического определения цинка: строение, природа донорных атомов, устойчивость комплексов с цинком, избирательность определения.
- 51) 1-(2-Пиридилазо)нафтол-2 (ПАН) как аналитический реагент для определения ионов металлов. Природа донорных атомов, устойчивость комплексов, избирательность определения.
- 52) 4-(2-пиридилазо)резорцин (ПАР) как аналитический реагент для определения ионов металлов. Природа донорных атомов, устойчивость комплексов, избирательность определения.
- 53) Органические реагенты для определения  $\text{Ni}^{2+}$ . строение, природа донорных атомов, избирательность определения никеля.
- 54) Этилендиаминотетрауксусная кислота как полидентатный лиганд. Особенности комплексообразования с ионами металлов.
- 55) Сравнение свойств комплексонатов кальция и никеля. Возможно ли раздельное комплексометрическое определение этих ионов из одного раствора ?
- 56) Органические реагенты для определения содержания железа(III) в растворе: строение, природа донорных атомов, избирательность по отношению к железу.
- 57) Сравнительная характеристика 8-оксихинолина и 8-меркаптохинолина как аналитических реагентов: природа донорных атомов, устойчивость комплексов, избирательность определения ионов металлов.

- 58) Классификация ПАВ, используемых для модифицирования органических реагентов в аналитической химии.
- 59) Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) и ее влияние на механизм взаимодействия ПАВ с ОР и его комплексами с ионами металлов.
- 60) Влияние концентрации вводимого ПАВ на характер взаимодействия ОР с ионами металлов.
- 61) Солюбилизация ОР и их комплексов с ионами металлов в мицеллах ПАВ.
- 62) Разновидности мицелл ПАВ в зависимости от состава раствора и природы ПАВ.
- 63) Образование ионных ассоциатов ОР с ПАВ в водных растворах.
- 64) Многоцентровое взаимодействие при образовании ионных ассоциатов ОР с ПАВ при концентрации ПАВ ниже ККМ.
- 65) Влияние присутствия ПАВ на контрастность аналитических реакций ОР с ионами металлов.
- 66) Использование ОР, модифицированных ПАВ, в анализе объектов окружающей среды на содержание ионов токсичных металлов.
- 67) Особенности кинетики процесса комплексообразования ионов переходных металлов с ОР.
- 68) Комплексы лабильные и инертные. Сравнительная характеристика.
- 69) Причины относительной инертности комплексов ионов переходных металлов с ОР.
- 70) Классификация макроциклических лигандов.
- 71) Сравнительная характеристика краун-эфиров и подандов.
- 72) Особенности комплексообразования ионов металлов с макроциклическими ОР.
- 73) Образование комплексов типа «гость – хозяин».



- 74) Использование макроциклических соединений как компонентов подвижной и неподвижной фаз в хроматографии.
- 75) Использование краун-эфиров в ионометрии в качестве материала мембран ионоселективных электродов.
- 76) Использование макроциклических соединений при определении содержания органических суперэкоотоксикантов в объектах окружающей среды.
- 77) Использование макроциклических соединений при анализе фармацевтических препаратов.
- 78) Использование макроциклических соединений при анализе продуктов метаболизма живых организмов
- 79) Хелатные сорбенты на полистирольной матрице: преимущества и недостатки.
- 80) Волокнистые наполненные сорбенты на органической полимерной матрице в анализе объектов окружающей среды.
- 81) Особенности кинетики сорбции ионов переходных металлов на хелатных сорбентах на органической матрице.
- 82) Влияние набухания сорбентов на процесс выделения ионов металлов на хелатных сорбентах на полимерной матрице.
- 83) Нековалентная иммобилизация ОР на кремнеземах.
- 84) Нековалентная иммобилизация ОР на полисилоксанах.
- 85) Влияние природы матрицы на свойства нековалентно закрепленных на поверхности носителя ОР.
- 86) Влияние природы матрицы на свойства ОР, химически связанных с поверхностью носителя
- 87) Химическое модифицирование поверхности кремнеземов молекулами ОР.
- 88) Золь-гель метод получения модифицированных полисилоксанов.
- 89) Модифицированные полисилоксаны как хелатные сорбенты.
- 90) Селективность хелатных сорбентов. Коэффициенты

селективности и методы их определения.

- 91) Роль «якорной» группы в формировании селективных хелатных сорбентов на основе соединений кремния.
- 92) Сравнительная характеристика сорбционных свойств модифицированных кремнеземов и полисилоксанов.
- 93) Групповое концентрирование ионов переходных металлов на хелатных сорбентах с последующим спектроскопическим анализом концентрата.
- 94) Сорбционно-спектроскопические методы анализа объектов окружающей среды с использованием модифицированных кремнеземов.
- 95) Сорбционно-спектроскопические методы анализа объектов окружающей среды с использованием хелатных сорбентов на полимерных матрицах.
- 96) Использование макроциклических полиэфиров и других ОР при определении лекарственных препаратов методом капиллярного электрофореза.
- 97) Определение аминокислот и их комплексов с ионами металлов методом капиллярного электрофореза.
- 98) Использование биоразлагаемых полимеров в качестве матриц при получении хелатных сорбентов.
- 99) Хитозан как матрица для модифицирования фрагментами молекул ОР.
- 100) Селективность хелатных сорбентов на основе хитозана.

### **III. Распределение часов курса по темам и видам работ**

№ п/п	Наименование разделов и тем	ВСЕГО (часов)	Аудиторные занятия (час)	Самостоя- тельная работа
			в том числе	

			Лекции	Практические (семинары, лабораторные работы)	
1.	<b>Предмет и задачи курса</b>	4	2		2
2.	<b>Органические реагенты в спектрофотометрическом анализе</b>	40	8	20	12
3.	<b>Определение констант устойчивости комплексов ионов металлов с органическими реагентами</b>	60	6	30	24
4.	<b>Влияние размера хелатного цикла на возможность образования и свойства комплексов металлов с органическими реагентами</b>	20	6		14
5.	<b>Модифицирование ОР в присутствии поверхностно-активных соединений (ПАВ)</b>	20	4		16
6.	<b>Макроциклические соединения как органические реагенты</b>	30	4		26
7.	<b>Иммобилизация органических реагентов на различных твердых носителях</b>	26	6	18	2
	<b>ИТОГО:</b>	200	36	68	96

#### **IV. Форма итогового контроля**

Экзамен и зачет.

#### **V. Учебно-методическое обеспечение курса**

##### 1. Рекомендуемая литература (основная)

- I. Основы аналитической химии: Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др.; Под ред. Ю.А. Золотова: В 2 кн. М.: Высш.шк., 2000. Кн. 1: Общие вопросы. Методы разделения.
- II. Основы аналитической химии: Практ. руководство / Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш.шк., 2001.
- III. Основы аналитической химии: Задачи и вопросы / Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш.шк., 2002.
- IV. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. М.: Мир, 1979. Т.1, 2.
- V. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. Химическое разделение и измерение. М.: Мир, 1978. Т.1, 2.
- VI. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т: Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – М.: Мир: 2004.
- VII. Я.Инцеди. Применение комплексов в аналитической химии. М., Мир. 1979
- VIII. Ф.Умланд, А.Янсен и др. Комплексные соединения в аналитической химии. М., Мир. 1975.
- IX. К.Бургер. Органические реагенты в неорганическом анализе. М., Мир, 1975.
- X. З.Хольцбежер, Л.Дивиш и др. Органические реагенты в неорганическом анализе. М., Мир. 1979.
- XI. С.Б.Саввин, Э.Л.Кузин. Электронные спектры и структура органических реагентов. М., Наука. 1974.
- XII. М.И.Булатов, И.П.Калинкин. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л. Химия. 1986.

- XIII. К.Дей, Д. Селбин Теоретическая неорганическая химия. М. Химия, 1971.
- XIV. Н.А.Костромина, В.Н.Кумок, Н.А.Скорик. Химия координационных соединений. М., Высшая школа.1990.
- XV. М.Бек, И.Надьпал. Исследование комплексообразования новейшими методами.М.,Мир,1989.
- XVI. Ф.Хартли, К.Бергес, Р.Оллок. Равновесия в растворах. М. Мир, 1983.
- XVII. А.Т.Пилипенко, М.М.Тананайко. Разнолигандные и разнометалльные комплексы и их применение в аналитической химии. М.,Химия.1983.
- XVIII. В.Ф.Барковский, В.С.Шварев, И.А Якушева. Метод. указания к лаб.работам по спектрофотометрическому анализу. В двух частях. Свердловск УрГУ. 1981
- XIX. М.И.Булатов, И.П.Калинкин. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л. Химия. 1986
- XX. Скорик Ю.А., Неудачина Л.К. Комплексонометрический анализ неорганических материалов. Метод. указания к лабораторным работам по аналитической химии. Екатеринбург, 2001.

2. Перечень обучающих, контролирующих компьютерных программ, кино- и телефильмов, мультимедиа и т.п.

**VI. Ресурсное обеспечение** (если требуется)

1. Лаборатории (в том числе, вузовско-академические), музеи, гербарии, биостанция, ботанический сад, астрономическая обсерватория и т.д.  
Лабораторные занятия по специальному курсу «Органические реагенты в анализе объектов окружающей среды» проходят на кафедре аналитической химии УрГУ.
2. Приборная база, лабораторное оборудование, материалы.

Используется приборная база НИЦ кафедры аналитической химии УрГУ:

- спектрофотометры СФ-46, HELIOS  $\alpha$ , колориметры концентрационные КФК-2 и КФК-3,
- иономеры ЭВ-74 и И-130М,
- атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6500,
- атомно-абсорбционный спектрометр Solaar 6М,
- исследовательский комплекс на базе ИК-Фурье спектрометра Nicolet 6700,
- спектрофлуориметр ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА,
- криоспектральная система Крио-2 (приставка к «Флюорат-02»),
- система капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ 105 М,
- система микроволновой пробоподготовки MAPS 5,
- высокоэффективный жидкостный хроматограф типа LC-20,
- газовый хроматограф с цифровым контролем газа-носителя Termo Focus GC,
- весы аналитические Sartorius.

3. Натурные объекты, коллекции, модели

4. Базы данных

5. Компьютерные классы

Студенты имеют возможность проводить обработку полученных результатов в компьютерном классе химического факультета.